Current Issue Review 79-2E

THE GREENHOUSE EFFECT AND CLIMATIC CHANGE

Thomas Curren
William Murray
Science and Technology Division

25 September 1979
Reviewed 13 April 1992

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

93-00662/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultation in their respective fields of expertise.

©Minister of Supply and Services Canada 1992
Available in Canada through
your local bookseller
or by mail from
Canada Communication Group -- Publishing
Ottawa, Canada K1A OS9

Catalogue No. YM32-1/79-2-1992-04E
ISBN 0-660-14592-8

N.B. Any substantive changes in this publication which have been made since the preceding issue are indicated in **bold print.**

CE DOCUMENT EST AUSSI
PUBLIÉ EN FRANÇAIS

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

THE GREENHOUSE EFFECT AND CLIMATIC CHANGE

ISSUE DEFINITION

Over the last quarter-century, scientists have conclusively demonstrated that the amount of carbon dioxide (CO_2), the dominant gas that contributes to the greenhouse effect, is increasing in the atmosphere. A rise of about 4% in CO_2 concentration during the 1970s alone and of 8% over the last 25 years has been measured; an increase of some 20-30% since the beginning of the Industrial Revolution is inferred. What this environmental shift may mean for man and his planet has been, until recently, a matter of controversy.

The greenhouse theory holds that adding large quantities of carbon dioxide, and just as importantly, other trace gases, to the atmosphere will warm the earth. Most climatologists now believe that the higher concentrations of these gases will induce a global warming sufficient to cause extensive change in climatic patterns. Climatic change is a matter of great import to global agriculture, especially in developing countries where the agricultural system operates under marginal climatic conditions. A warming planet and consequently rising sea level could eventually also have a far-reaching impact on man's patterns of habitation.

BACKGROUND AND ANALYSIS

It may seem odd to think of CO_2 as a pollutant because it is a natural and essential component of our atmosphere, but it is not the gas *per se* which is the problem; it is rather its rising atmospheric concentration resulting from the combustion of increasing quantities of fossil fuels and perhaps because of deforestation, which is potentially

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

environmentally disruptive. The earth's global mean temperature has remained remarkably stable over the millenia (probably varying by only some 6°C between the glacial and interglacial extremes of the last 20,000 years), but by pumping CO_2 and other trace gases into the air at an increasing rate man may be setting the stage for a large excursion from the climate he thinks of as "normal."

A. The Relationship between Atmospheric CO_2 and Climate

The earth receives radiant energy from the sun but it must reradiate that energy back into space or our world would become progressively hotter. Solar energy arrives at the earth's surface at wavelengths lying predominantly within the visible part of the electromagnetic spectrum. The earth reradiates energy, however, at longer wavelengths which concentrate in the far infrared or "heat" end of that spectrum. The energy of these longer wavelengths is more readily absorbed by naturally occurring CO_2 and water vapour in addition to other infrared-absorbing gases such as nitrous oxide, methane, chlorofluorocarbons and ozone. This absorption occurs primarily in the troposphere, the region from the earth's surface up to an altitude of 10 to 15 km.

When these molecules absorb energy, they cause general atmospheric warming, a phenomenon commonly called the "greenhouse effect" because it is crudely analogous to the warming of a glassed enclosure. These gases thus act like a "thermal blanket" around the earth, and as their atmospheric concentration increases, and the absorption of energy in the infrared with it, incoming radiation temporarily exceeds outgoing radiation. The temperature of the atmosphere rises and a new radiation balance is established.

Most estimates of the increase in the mean global temperature of the lower atmosphere which could result from a doubling of the present CO_2 concentration lie between 1.5° and 4.5°C. The most recent and more complex models used to predict these changes now narrow this range to between 3.5° C. and 4.2°C. In addition to CO_2, if current trends of increases in the concentrations of other trace gases continue, a global climate warming equivalent to that expected from doubling the CO_2

RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

concentration in the atmosphere could occur as early as the year 2030. This increase is not expected to occur evenly over the earth's surface but to be much more pronounced towards the poles.

B. Sources of Carbon Dioxide (Fossil Fuels and Deforestation)

Carbon dioxide is the vehicle which transports carbon through the carbon cycle. It is removed from the air by plants during photosynthesis to make solid organic compounds, and when these compounds are respired, CO_2 is again released to the atmosphere. Carbon dioxide dissolves in the oceans as bicarbonate and can be converted to the solid, calcium carbonate, by shellfish. In the very long-term, CO_2 can be converted to fossil fuels. Thus, carbon dioxide is part of the cycle of carbon circulation (a biogeochemical cycle) which consists of both living and nonliving components.

Over the last half-billion years of our planet's more than 4.5-billion-year history, a small percentage of the carbon circulating through the earth's surface environment has been diverted and stored in sedimentary rocks as fossil fuels. In mankind's recent history there is believed to have been an approximate balance in the exchange of carbon between the atmosphere and the oceans. Industrial man, however, is returning to the atmosphere within a century or two a significant fraction of the carbon which nature has accumulated in fossil fuels over many millions of years.

Fossil fuel combustion has released an estimated 160 billion tonnes of carbon to the atmosphere since 1900, with the present contribution calculated to be approximately 5 billion tonnes annually. Future levels of emissions are conjectural, depending upon the assumptions one makes regarding population growth, technological change, the global economy, energy conservation, fuel costs and the evolution in the mix of energy sources which satisfy man's energy requirements.

Since terrestrial biota and soils contain roughly three times as much carbon as the atmosphere, their alteration can add or subtract CO_2 to the atmosphere. When man harvests the world's forest resources without provision for their regeneration, as is occurring today

LED/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

in many regions of the earth, he adds to the atmospheric CO_2 pollution problem because (a) the trees which are felled are no longer able to photosynthesize and remove CO_2 from the air; (b) this biomass releases CO_2 when it is burned or when it decomposes; and (c) harvesting the forests bares the soil's surface and exposes it to the forces of erosion. As decomposition of the humus content of the soil progresses, even more CO_2 is released to the atmosphere.

No one knows with any certainty how much CO_2 is entering the air as a result of deforestation. The prevailing view is that deforestation can be a substantial contributor to atmospheric CO_2 over comparatively short periods of time, and since some 40% of all plant carbon is stored in tropical rainforests such as those of the Amazon basin, extensive clearing of these forests would undoubtedly release huge amounts of CO_2. Estimates suggest deforestation contributes from 0.9 to 1.2 billion tonnes CO_2 annually (i.e. one fifth the amount input by fossil fuels.)

C. Sinks of Carbon Dioxide (Vegetation and Oceans)

Measurements suggest that only about half of the total amount of anthropogenic CO_2 produced over the last century has actually stayed in the atmosphere; CO_2 must be absorbed or stored somewhere or the atmospheric concentration would be greater than observed.

Introducing new crops into previously unsuitable climatic zones and fertilizing plants to stimulate growth may well be countering much of the carbon loss due to deforestation and land disturbance. There is some evidence to suggest that the rising concentration of CO_2 in the air is stimulating plant growth, enhancing the carbon retention capacity of the world's vegetation. Aside from deforestation, the extent to which and under what circumstances the earth's vegetation acts as a net contributor or recipient of atmospheric carbon remains to be resolved.

The oceans of the world contain substantially more carbon than the atmosphere, the biota and fossil fuels combined. Although much remains to be determined about how the oceans and the atmosphere exchange carbon dioxide, current research suggests that the oceans are absorbing

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

about 40%, or 2 billion tonnes annually, of the carbon being added to the atmosphere by fossil fuel combustion.

The amount of CO_2 which can be taken up by saltwater depends not only on the chemical nature of the water's dissolved materials and its temperature, but also to a great extent upon the effectiveness of ocean mixing. Mixing is particularly important because it is only surface waters which are in contact with the atmosphere and which can readily absorb CO_2. Research has indicated that the rate of turnover of the ocean's thermally stratified waters is extremely slow. Only the upper 75 metres or so of ocean water has annual contact with the atmosphere while the average circulation time for the deep oceans is about 500 years. If surface waters become saturated with carbon dioxide, then the removal of accumulated atmospheric CO_2 could take an amount of time in the order of centuries. Furthermore, rising air temperatures will warm the upper layers of the oceans, reducing their ability to absorb CO_2. It is even possible and has been frequently suggested that the cooler waters, now the major CO_2 sink, could release CO_2 as they warm.

As studies and theories concerning the greenhouse effect evolve, it is becoming increasingly obvious that a holistic approach to ecological understanding and management is needed. For example, it is possible that, as shallow surface waters become more acidic due to acid rain and other anthropogenic sources, changes in the decomposition cycle of shells of planktonic molluscs will be brought about which could affect the CO_2 absorption capability of the oceans. As shells grow, they remove carbon from the shallow ocean layers and when they die they sink to greater ocean depths transferring their carbon in the form of $CaCO_3$ to these depths. In theory, this makes it easier for new atmospheric CO_2 to enter the upper ocean. Normally, in the North Pacific, these shells will dissolve best under the acidic conditions that are found at great depths, but areas have now been found where shells are dissolving in the top 10% of ocean depths because of the increased acidity. This of course returns carbon to this surface layer, reducing its capability to absorb atmospheric CO_2.

ID/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Recently, attention has focused on the world's river systems in the transfer of carbon from land to sea. In a major international study, more than 50 scientists around the globe are monitoring at least 50% of the freshwater discharge to the oceans. Preliminary results suggest that riverine systems may be a significant sink for carbon, especially in cases where dams have been constructed, impounding the sediment load in reservoirs. Once again one sees the hand of man modifying a natural biogeochemical cycle.

Still, balancing the equation of the carbon cycle is not possible using these carbon sinks alone and up to 50% more carbon than can be found accumulating in these sinks is unaccounted for. Although this imbalance has been suggested as reason to invalidate projections of the greenhouse effect, recent calculations may shed some new light on the equation and might contribute a new term to the global carbon balance, i.e. waste. Whenever waste is not somehow "recycled," but as in landfilling or dumping is essentially subtracted from natural cycles, its carbon content is segregated from the carbon cycle for many years. Preliminary calculations indicate 1.0 billion tonnes of carbon a year might be segregated in this way and the carbon balance should be modified accordingly.

D. Evidence of an Increase in Greenhouse Gases

1. Carbon Dioxide

Although the predicted after-effects of atmospheric carbon dioxide accumulation may be controversial, the recently-measured data are irrefutable. A number of scientific observers have concluded that over the period 1850 to 1980, the atmospheric concentration of carbon dioxide increased from perhaps 290 to 345 parts per million (ppm), although there is a growing body of opinion that the pre-industrial level may have been as low as about 250 ppm. More accurate measurements have shown that the concentration has risen 12 $\pm$ 1 ppm in the decade from 1970 to 1980 and has continued to rise by 1.0-1.5 ppm annually. Since the data suggest that there is some acceleration in the rate of increase in atmospheric CO_2

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

concentration, CO_2 levels may well rise to 400 ppm early in the next century.

Determining past atmospheric CO_2 levels is necessary to understand more fully how climatic change is linked to fluctuating CO_2 levels, systematic measuring having only begun in 1958. Analysis of CO_2 content in ice cores from Greenland and Antarctica, carbon in deep-sea sediments, and carbon isotopes in tree rings have all been used to determine the historic (pre-industrial revolution) CO_2 concentrations.

A degree of caution must be exercised when evaluating carbon dioxide data. Unlike nitrogen, which comprises about 78%, and oxygen, which comprises 21%, of total atmospheric gases, carbon dioxide now accounts for approximately 0.035%. Accordingly, a small increment in carbon dioxide concentration appears as a huge percentage increase. For example, using the 1850 to 1980 time period, the concentration of carbon dioxide as a percentage of total atmospheric gases increased from 0.029% to 0.0345%. This increment of 0.0055% as an atmospheric constituent can also be expressed as a 19% increase in carbon dioxide concentration. The latter expression has shock value, but scientifically is not very meaningful. What must be accurately quantitated is the correlation between atmospheric heat retention and the proportional increase of greenhouse gases in relation to total atmospheric gases.

2. Trace Gases

Less abundant trace gases are now thought to contribute half as much to the greenhouse effect as does CO_2 at present, and as their concentrations increase, they are likely to have an effect on climate comparable with that of CO_2. Some of these trace gases have historically existed at lesser concentrations, (e.g., methane-CH_4; nitrous oxide-N_2O) while chlorofluorocarbons (CFCs), for example, have probably only existed in measurable concentrations since their synthesis by industrial society. Most of the attention has focused on the potential role of chlorine and bromine atoms of CFCs as ozone-destroying catalysts in the earth's stratosphere. Their effect as greenhouse gases in the troposphere has, however, also been recognized.

CLEO/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

As discussed earlier, CO_2 and water vapour absorb the thermal radiation reflected back from the earth into the atmosphere within particular ranges of wavelengths. Interestingly, these gases have left open a "window" in the atmosphere (i.e. a particular range of wavelengths from 8 to 12 micrometres) where a substantial fraction of thermal radiation (heat) can still escape. Ironically, this atmospheric window is now being shut as all the trace gases in question absorb thermal radiation in this specific range of wavelengths. Can this window be left propped open given the production of trace gases to date and their expected future production?

Methane (CH_4) is at present the trace gas that, molecule for molecule, has the greatest greenhouse effect. The atmosphere now contains five billion tonnes, resulting in a concentration of approximately 1.6 ppm. The increase in methane, greater than 1% per year, apparently began in previous centuries and has doubled since the eighteenth century. Ice core dating indicates that its concentration was relatively constant for the previous 2,000 to 3,000 years. The sources of methane (the major component of natural gas) in the atmosphere and the reason for its increase is somewhat obscure although a recent examination lists rice paddies, ruminating animals (predominantly domestic cattle), biomass burning, swamps, and natural gas and coal mining losses as the major CH_4 sources. Since the residence time of CH_4 in the atmosphere is only 5 to 10 years, a reduction in its production could stabilize the atmospheric CH_4 concentration. However, this does not seem likely considering most of the sources of production. This matter is further complicated since the normal atmospheric removal process is being jeopardized by increasing concentrations of carbon monoxide (CO). Carbon monoxide destroys OH molecules that might normally remove methane.

Nitrous oxide (N_2O) has been present in the atmosphere at stable concentrations for a long time and has recently shown an increase. If, as is likely the case, the N_2O increase witnessed recently (0.2% annually to 300 ppm) is due to either increased microbial activities associated with increased use of nitrogen-based fertilizers or an increase in the combustion of fossil fuels, then the imbalance is likely to grow rapidly unless major global changes in policy are made. N_2O has a

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

residence time of over 100 years so reductions of input now would not be effective for some period of time. The contribution of N_2O to the greenhouse effect is approximately one-sixth that of CH_4.

The most common halocarbons are the chlorofluorocarbons (CFCs) CCl_2F_2 and CCl_3F which came into major production in the 1960s and were first measured in the atmosphere in 1971. Since then, measurements have shown that their atmospheric concentrations have grown at the same rate as would be expected based on industrial production. Global emissions of CFCs actually declined from the mid-1970s though 1982, but their long residence time - at least 100 years for CCl_2F_2 and 60 years for CCl_3F - leads to a continuing buildup. Ratification of the 1987 Montreal Protocol to control the production of CFCs (signed by 24 nations) should reduce the future rate of CFC addition to the atmosphere. CCl_2F_2 and CCl_3F are found at concentrations of 0.0003 ppm and 0.0002 ppm and are respectively one third and one fifth as effective greenhouse gases as methane. There are other halocarbons that are potential greenhouse gases which also should be controlled and phased out.

As noted earlier, the main concern for CFCs has been their effect in reducing the ozone layer of the stratosphere. The ozone layer shields the life forms of the earth from detrimentally high concentrations of ultraviolet light. Monitoring the ozone layer over the Antarctic since 1957 has shown the formation of a large, deepening hole in the ozone layer since the early 1970s. Since then, each year in the spring (October), the thinning of the ozone layer over the Antarctic has increased with an overall drop greater than 50% having been measured. This hole in the ozone layer is being interpreted as a manifestation of general stratospheric ozone depletion caused by CFCs, but intensified due to local climate conditions, a phenomenon extremely disturbing to the scientific community. (See the Library of Parliament publication "Ozone Depletion and the Montreal Protocol," MR-8, 29 September 1987, for further details concerning the CFC problem and the international efforts initiated to counter the depletion of ozone.)

LED/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

E. Implications of Increased Atmospheric Levels of CO_2

Until recent media and political attention, most people were unconcerned when they heard that the earth's mean temperature could rise by between 1.5 and 4.5°C in response to a doubling of the atmospheric CO_2 level and increases in the other greenhouse gases; they perceived such a change to be relatively minor. This is not the case. For instance, it has been suggested that the melting of the polar ice caps, or conversely the initiation of a new ice age, could be triggered by a mean global temperature change of only a few degrees Celsius. As an example, from the temperature low of the last glacial period (approximately 18,000 years ago) to the temperature high (perhaps 7,000 years ago) of the warm "interglacial" period we are living in today, the mean temperature of the ocean rose only 2°C and the mean global temperature rose only 6°C. The increase in sea level brought about by this last ice melting episode is estimated at approximately 100 metres (328 feet) -- further warming and melting of polar ice masses could inundate coastal areas in the future. The last sea level rise occurred gradually, but this is not expected to be so in the case of the greenhouse effect. In fact, a sea-level rise of at least 30 centimetres, but possibly as high as 1.4 metres, is expected by the middle of the next century. This could inundate low-lying coastal lands and islands, and reduce coastal water supplies by increased salt water intrusion.

Scientists do not know exactly what a warmer climatic regime would be like. It is felt that a rise in temperature of 3.5°C to 4.2°C would probably result in a global average increase in precipitation, due to an increase in evaporation, of 7 to 11%. Distribution of these effects will probably be variable. In any event, changing the length of the growing season and altering traditional precipitation patterns would almost certainly disrupt established agricultural practices. This, coupled with the effects of rapid population growth, will represent a serious threat to international security. Warming is expected to be two to three times more pronounced in high latitudes than the global average. Different studies suggest that mid-latitude continental interiors would experience a decrease in precipitation and an increase in evaporation with the warmer

CO-RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

temperature, exacerbating already emerging problems of water supply. Such regions include the major grain-producing areas of the world including those of Canada and the U.S.A. Increased precipitation is expected in tropical and sub-tropical latitudes, and the frequency of tropical cyclones may increase and storm tracks may change with devastating impacts on coastal areas and islands by floods and storm surges.

Accurate predictions of global warming are as yet impossible to make. The atmospheric concentrations of CO_2, CH_4, N_2O, and CFCs are increasing, and these gases have an insulative capacity. Beyond these irrefutable facts, all other parameters, such as the global capacity to buffer the effects of these gases, are not accurately known. Weather records have been maintained only during this century, and it cannot be conclusively stated whether recent weather trends are part of normal meterological variation, or the gentle beginning of global warming. This doubt, however, is not a reason for doing nothing. Efforts directed toward the reduction of all greenhouse gases will yield substantial benefits in the areas of pollution abatement, energy conservation, efficiency, and increased competitiveness. Unfortunately, noble as these goals are, in the long term they will be only band-aid remedies, for they do not address the real causes of environmental deterioration, which are unchecked population growth, and an economic system whose health depends upon sustained growth.

PARLIAMENTARY ACTION

In October 1989, the House of Commons Standing Committee on Environment began a study on global warming. More specifically, it examined policies for ameliorating global warming, including developing actions and strategies to reduce Canada's net release of greenhouse gases into the atmosphere. The Standing Committee released its interim report on global warming, *No Time to Lose: The Challenge of Global Warming*, in October 1990. The report contains 17 recommendations.

On 25 March 1991, the House of Commons Standing Committee on Environment tabled its Third Report in "Our Changing Atmosphere" series: *Out of Balance: The Risks of Irreversible Climate Change*. The Committee

LEO/RECYCLE

Chairperson, The Hon. David MacDonald, noted that the Report was based on eight months of public hearings and the testimony of more than 110 witnesses. The Report contains 25 recommendations and calls for significantly increased Canadian initiatives to reduce domestic greenhouse-gas emissions, particularly carbon dioxide.

In August 1991, additional Green Plan funds were dedicated to an aggressive program to phase-out CFCs in Canada completely by 1997. Canada's program goes beyond that called for in international protocols, and is almost four years ahead of the target set by the Montreal Protocol. The Canadian Global Change Program, which fosters research into all aspects of global environmental change, was also strengthened by $4.5 million in additional funding.

CHRONOLOGY

1958 - Dr. Charles Keeling began monitoring the concentration of carbon dioxide in the atmosphere at a station on Mauna Loa in Hawaii.

February 1979 - The World Climate Conference, sponsored by the World Meteorological Organization, was held at Geneva, switzerland. The conference emphasized the importance of climatic research and called for further study of the CO_2 problem.

October 1983 - The U.S. Environmental Protection Agency released a report warning that the climatic effects of atmospheric CO_2 accumulation would become apparent in the 1990s. The U.S. National Academy of Sciences issued a report on climatic change which foresaw a somewhat similar climatic alteration in the long term but viewed the situation with less apprehension.

25 September 1984 - An Ottawa symposium on "Global Change", sponsored by the International Council of Scientific Unions, discussed a proposal to establish an International Geosphere-Biosphere Program "to assess trends in natural and anthropogenic global change anticipated for the next 50-100 years."

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

16 May 1986 - Documentation revealed that since the early 1970s temporary reductions of up to 50% in the ozone layer over the Antarctic in the month of October had occurred. CFCs were implicated as a contributor to this problem, as well as being trace gases involved in the greenhouse effect.

27-30 June 1988 - The "World Conference on the Changing Atmosphere: Implications for Global Change" (Toronto, Canada) brought together scientists and policy-makers from 46 countries as a first step towards an international convention for the protection of the atmosphere.

January 1989 - The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, signed by 24 nations in 1987, came into effect.

20-22 February 1989 - Protection of the Atmosphere: International Meeting of Legal and Policy Experts, Ottawa, Canada. This meeting examined legal and institutional considerations in the development of a global convention.

November 1990 - The World Climate Conference in Geneva, attended by some 130 countries, failed to agree on a strategy to prevent global warming, although there was scientific consensus that action is urgently needed. The final conference statement said that "we urge all developed countries to establish targets and/or feasible national programmes or strategies which will have significant effects on limiting emissions of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol." It was suggested that the final statement was designed to keep the United States involved in negotiations, scheduled to commence in Washington in February 1991, for an international convention on climate change.

December 1990 - The Minister of Environment Canada released "Canada's Green Plan for a Healthy Environment." The Green Plan confirms Canada's commitment, made at the World Climate Conference, to "stabilize national emissions of ... CO_2 and other greenhouse gases at 1990 levels by the year 2000." The Plan states also that Canada intends to pursue "aggressively an International Framework Convention on Climate Change with appropriate binding protocols by 1992 for the worldwide reduction of greenhouse gas emissions."

LD/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

November 1991 - Amendments to Ozone Depleting Regulations #3 (Products) were proposed in the *Canada Gazette*, Part I. These amendments would prohibit any packaging material made with CFCs and portable foam extinguishers containing halons or CFCs.

SELECTED REFERENCES

Bruce, Jim and Henry Hengeveld. "Our Changing Northern Climate." *GEOS*, Vol. 14, No. 1, Winter 1985, p. 1-6.

The Changing Atmosphere: Implications for Global Security. *Conference Statement*. 27-30 June 1988, Toronto, Canada (available through Environment Canada, Policy Branch).

Dickinson, R.E., and Cicerone, R.T. "Future Global Warming From Atmospheric Trace Gases." *Nature*, Vol. 319, 9 January 1986, p. 109-115.

Hobbie, John *et al*. "Role of Biota in Global CO_2 Balance: The Controversy." *BioScience*, Vol. 34, No. 8, September 1984, p. 492-498.

Malone, T.F. and J.G. Roederer (eds.). *Global Change*. Proceedings of a Symposium sponsored by the International Council of Scientific Unions, 20th General Assembly, Ottawa, 25 September 1984.

Milko, Robert. *Global Warming: Policies for Amelioration*. BP-221, Research Branch, Library of Parliament, November 1989, 43 p.

Mintzer, I.M. "A Matter of Degrees: Energy Policy and the Greenhouse Effect". *Environmental Policy and Law*, 17/6, December 1987, p. 247-254.

LIBRARY/RECYCLE

Bulletin d'actualité 79-2F

L'EFFET DE SERRE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Thomas Curren
William Murray
Division des sciences et de la technologie

Le 25 septembre 1979
Revu le 13 avril 1992

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992
En vente au Canada chez
votre libraire local
ou par la poste auprès du
Groupe Communication Canada -- Édition
Ottawa, Canada K1A OS9

N° de catalogue YM32-1/79-2-1992-04F
ISBN 0-660-93857-X

N.B. Dans ce document, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractère gras.**

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'EFFET DE SERRE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

DÉFINITION DU SUJET

Au cours des vingt-cinq dernières années, les scientifiques ont prouvé de façon concluante l'augmentation dans l'atmosphère de la concentration du principal agent de l'effet de serre, à savoir le gaz carbonique (CO_2). On a mesuré une hausse d'environ 4 p. 100 de la concentration du gaz carbonique au cours des années 70 uniquement et de 8 p. 100 au cours des 25 dernières années, ce qui suppose un accroissement de 20 à 30 p. 100 depuis le début de l'ère industrielle. Jusqu'à tout récemment, les conséquences de cette évolution écologique pour l'homme et pour la planète demeuraient controversées.

Selon la théorie de l'effet de serre, le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz carbonique et, de façon tout aussi importante, d'autres gaz à l'état de traces aura pour effet de réchauffer la terre. La plupart des climatologistes estiment maintenant que l'augmentation des concentrations de gaz responsables de l'effet de serre dans l'atmosphère entraînera des hausses de température suffisantes pour provoquer d'importants changements climatiques. Ces changements revêtent une grande importance pour l'agriculture dans le monde entier et particulièrement dans les pays en développement, où les conditions climatiques y sont peu propices. En outre, le réchauffement de la planète et l'élévation du niveau de la mer qui s'ensuivrait risqueraient d'avoir une incidence profonde sur l'habitat humain.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

CONTEXTE ET ANALYSE

Il peut sembler curieux de considérer le gaz carbonique comme un polluant, parce qu'il s'agit d'un élément naturel et essentiel de l'atmosphère. En fait, ce gaz n'est pas dangereux en soi; c'est plutôt l'augmentation de sa concentration dans l'atmosphère, à cause de l'utilisation croissante des combustibles fossiles et peut-être aussi du déboisement, qui pourrait perturber l'environnement. La température moyenne globale de la Terre est restée remarquablement stable au cours des siècles, la variation n'ayant probablement été que d'environ 6°C entre les extrêmes glaciaires et interglaciaux des 20 000 dernières années; mais en rejetant dans l'atmosphère des quantités croissantes de CO_2 et d'autres gaz à l'état de traces, l'homme est peut-être en train de perturber radicalement le climat qu'il considère comme "normal".

A. Le gaz carbonique et le climat

La Terre reçoit de l'énergie de rayonnement du soleil; si elle ne réémettait pas cette énergie dans l'espace, elle deviendrait de plus en plus chaude. L'énergie solaire parvient à la surface de la Terre à des longueurs d'onde qui se situent surtout dans la partie visible du spectre électromagnétique. Notre planète réémet toutefois cette énergie à des longueurs d'onde plus grandes, qui se concentrent à l'extrémité des rayons infrarouges, soit dans la région "chaude" de ce spectre. Le gaz carbonique et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère ainsi que d'autres gaz qui absorbent l'infrarouge, comme l'oxyde d'azote, le méthane, les chlorofluorocarbones et l'ozone, absorbent plus facilement l'énergie de ces rayonnements à plus grande longueur d'onde. Ce phénomène d'absorption se produit principalement dans la troposhère, soit dans la zone de l'atmosphère qui se situe entre la surface terrestre et une altitude de 10 à 15 km.

Lorsque ces molécules absorbent de l'énergie, elles provoquent un réchauffement général de l'atmosphère, phénomène désigné sous le nom "d'effet de serre", car il se rapproche en gros du réchauffement qui se produit dans une enceinte en verre. Ces gaz jouent donc le rôle d'une sorte de "couverture thermique" autour de la Terre; lorsque leur

CYCLED/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

concentration augmente dans l'atmosphère et que, par conséquent, plus d'énergie est absorbée dans l'infrarouge, les rayonnements captés par la Terre excèdent temporairement ceux qui sont réémis. La température de l'atmosphère s'élève et un nouvel équilibre des rayonnements s'établit.

Selon la plupart des prévisions, la hausse de la température moyenne de la basse atmosphère que pourrait provoquer un doublement de l'actuelle concentration de CO_2 varierait entre 1,5 et 4,5°C. Les plus récents modèles complexes utilisés pour prévoir cette hausse la situent maintenant entre 3,5 et 4,2°C. De surcroît, si les concentrations de gaz à l'état de traces continuent d'augmenter selon les tendances actuelles, on pourrait constater dès l'an 2030 un réchauffement global équivalent à celui qui devrait résulter d'un doublement de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. Ce réchauffement ne serait pas uniforme à la surface terrestre; on croit qu'il serait beaucoup plus prononcé vers les pôles.

B. Les sources de gaz carbonique
(combustibles fossiles et déboisement)

C'est le gaz carbonique qui transporte le carbone dans le cycle du carbone. Au cours de la photosynthèse, les végétaux le captent dans l'atmosphère et le transforment en composés organiques solides; une fois ceux-ci respirés, du gaz carbonique est à nouveau émis dans l'atmosphère. Le gaz carbonique se dissout dans les océans sous forme de bicarbonate et les crustacés peuvent le transformer sous forme solide en carbonate de calcium. À très long terme, il peut être transformé en combustibles fossiles. C'est ainsi que le gaz carbonique fait partie du cycle du carbone, cycle biogéochimique qui comporte à la fois des éléments vivants et des éléments inertes.

Au cours du dernier demi-milliard d'années de l'histoire de notre planète, qui remonte à plus de 4,5 milliards d'années, un faible pourcentage du carbone présent à la surface de la terre a été stocké dans des roches sédimentaires sous forme de combustibles fossiles. Néanmoins, on croit que dans l'histoire récente de l'humanité, un équilibre s'est établi dans l'échange de carbone entre l'atmosphère et les océans. L'homme industrialisé semble pourtant vouloir retourner à l'atmosphère, en moins

RECYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

d'un siècle ou deux, une partie considérable du carbone que la nature a mis des millions d'années à accumuler dans ces combustibles fossiles.

On estime que les combustibles fossiles auraient dégagé 160 milliards de tonnes métriques de carbone dans l'atmosphère depuis 1900, leur contribution actuelle étant évaluée à environ 5 milliards de tonnes par année. Les niveaux futurs des émissions dépendent des hypothèses que l'on pose en ce qui touche la croissance de la population, l'évolution technologique, l'économie mondiale, les économies d'énergie, les coûts des combustibles et les changements dans les sources d'énergie utilisées pour répondre aux besoins de l'homme.

Comme la biosphère et les sols contiennent en gros trois fois plus de carbone que l'atmosphère, les changements qu'ils subissent peuvent entraîner une augmentation ou une diminution de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. Lorsque l'homme exploite les ressources forestières du globe sans prendre les dispositions nécessaires pour leur régénération, comme c'est le cas aujourd'hui dans de nombreuses régions du monde, il aggrave le problème de la pollution atmosphérique par le CO_2 : a) les arbres abattus ne prélèvent plus de CO_2 dans l'air par photosynthèse; b) cette biomasse dégage du CO_2 en se décomposant ou lorsqu'on la brûle; et c) le déboisement dénude le sol, qui est ainsi exposé aux multiples agents d'érosion. À mesure que l'humus du sol se décompose, la quantité de CO_2 augmente encore plus dans l'atmosphère.

On ne connaît pas exactement la quantité de CO_2 dégagée dans l'air par suite du déboisement, mais on s'entend actuellement pour dire que celui-ci contribue de façon importante à l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère sur des périodes relativement courtes. Ainsi, les forêts tropicales, comme celles du bassin de l'Amazone, renferment environ 40 p. 100 de l'ensemble du carbone végétal; un déboisement massif de ces régions provoquerait de toute évidence l'émission d'énormes quantités de CO_2. On estime que les émissions attribuables au déboisement représentent de 0,9 à 1,2 milliard de tonnes annuellement, soit un cinquième de celles qui sont imputables aux combustibles fossiles.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

C. Les réservoirs de gaz carbonique (végétation et océans)

Les calculs laissent supposer que, de la quantité totale de CO_2 produite par l'activité humaine depuis un siècle, seulement la moitié est restée dans l'atmosphère; le CO_2 doit être absorbé ou stocké quelque part, sinon sa concentration dans l'atmosphère serait bien supérieure à celle qu'on a observée.

L'introduction de nouvelles cultures dans des zones où le climat ne s'y prêtait pas et la fertilisation des plantes en vue d'en stimuler la croissance peuvent fort bien compenser une bonne partie des pertes de carbone attribuables au déboisement et à l'exploitation du sol. Certaines études montrent que l'augmentation de la concentration de CO_2 dans l'air stimule la croissance des plantes, ce qui augmente la capacité de rétention du carbone de la végétation dans son ensemble. Bref, on ne sait pas encore dans quelle mesure ni dans quelles conditions la végétation contribue à la hausse ou à la baisse de la concentration de carbone dans l'atmosphère.

Les océans de notre planète contiennent beaucoup plus de carbone que l'atmosphère, la biosphère et les combustibles fossiles réunis. Bien qu'il nous reste encore beaucoup à apprendre sur les échanges de gaz carbonique entre les océans et l'atmosphère, les recherches menées jusqu'à maintenant permettent de supposer que les océans absorbent environ 40 p. 100, ou 2 milliards de tonnes par année, du carbone libéré dans l'atmosphère par l'utilisation de combustibles fossiles.

La quantité de CO_2 assimilable par l'eau de mer dépend non seulement de la composition chimique des éléments qui s'y trouvent dissous et de sa température, mais aussi, dans une large mesure, de l'efficacité du mélange des eaux. Ce dernier point revêt une importance particulière, car ce sont uniquement les eaux de surface qui sont en contact avec l'atmosphère et qui sont en mesure d'absorber du CO_2. Or, des recherches ont permis de constater que les couches d'eaux de l'océan, stratifiées selon leur température, se déplacent très lentement. Seuls les premiers 75 mètres environ des océans sont en contact chaque année avec l'atmosphère, et le temps moyen de déplacement des eaux profondes est d'à peu près 500 ans. Si les eaux de surface devenaient saturées de gaz carbonique, il

CYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

faudrait des siècles pour que le CO_2 atmosphérique accumulé soit éliminé. En outre, l'élévation de la température ambiante réchaufferait les couches supérieures des océans, réduisant ainsi leur capacité d'absorption du CO_2. Il se pourrait même, comme on l'a souvent affirmé, que les eaux plus froides, qui constituent actuellement le principal réservoir de CO_2, se mettent à en rejeter si elles se réchauffent.

Au fil de l'évolution des études et des théories sur l'effet de serre, il devient de plus en plus évident qu'il est indispensable de comprendre et de gérer les écosystèmes d'un point de vue global. Par exemple, il se pourrait que par suite de l'acidification de l'eau de mer de surface attribuable aux pluies acides et à d'autres causes d'origine humaine, le cycle de décomposition des coquilles des mollusques planctoniques subisse des modifications qui pourraient se répercuter sur la capacité d'absorption de CO_2 des océans. Ces mollusques prélèvent du carbone dans les eaux de surface pendant leur croissance et, lorsqu'ils meurent, ils descendent dans les profondeurs des océans, où ils apportent du carbone sous forme de $CaCO_3$. En théorie, ce phénomène facilite l'absorption du CO_2 de l'atmosphère par les eaux de surface. Normalement, dans le Pacifique Nord, les coquilles se dissolvent le mieux dans le milieu acide qu'on rencontre au fond des océans; on a toutefois découvert certaines régions où elles se dissolvent dans les 10 p. 100 supérieurs des océans, en raison de l'acidification des eaux. Le carbone est alors restitué dans les eaux de surface, dont la capacité d'absorption du CO_2 de l'atmosphère diminue d'autant.

Récemment, on s'est intéressé au rôle que jouent les réseaux fluviaux de la planète dans le transfert du carbone de la terre à la mer. Plus de 50 scientifiques du monde entier participent actuellement à une étude internationale d'envergure et vérifient au moins 50 p. 100 des apports d'eau douce aux océans. Selon des résultats préliminaires, il semble que les réseaux fluviaux puissent absorber beaucoup de carbone, notamment lorsque des barrages sont aménagés sur les cours d'eau, retenant les sédiments dans des réservoirs. Voilà une fois de plus que l'homme, par ses interventions, modifie un cycle biogéochimique naturel.

Pourtant, on ne peut résoudre l'équation du cycle du carbone en faisant appel uniquement aux réservoirs d'absorption, car on laisserait

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

ainsi de côté jusqu'à une fois et demie la quantité de carbone qui s'accumule dans ces réservoirs. Certains se sont servis de cet argument pour contredire les prévisions concernant l'effet de serre, mais des calculs récents pourraient présenter l'équation sous un jour nouveau en ajoutant un nouvel élément au cycle global du carbone, à savoir les déchets. Chaque fois que des déchets échappent au recyclage et sont soustraits aux cycles naturels, par exemple dans les sites d'enfouissement ou les décharges, leur contenu en carbone se trouve séparé du cycle du carbone pendant de nombreuses années. D'après des calculs préliminaires, on soustrairait ainsi 1 milliard de tonnes de carbone par an, ce qui devrait modifier considérablement l'équilibre du carbone.

D. Preuves de l'augmentation des gaz créant un effet de serre

1. Gaz carbonique

Bien que les effets de l'accumulation de gaz carbonique dans l'atmosphère puissent faire l'objet de controverses, les données établies récemment sont irréfutables. Un certain nombre d'observateurs scientifiques ont abouti à la conclusion qu'entre 1850 et 1980, la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère a passé de peut-être 290 à 345 parties par million (ppm), bien que l'on soit de plus en plus d'avis que le niveau antérieur à l'ère industrielle aurait pu être seulement d'environ 250 ppm. Des calculs plus précis indiquent que cette concentration a augmenté de 12 $\pm$ 1 ppm de 1970 à 1980 et qu'elle augmente toujours de 1 à 1,5 ppm chaque année. Vu que les données recueillies indiquent une augmentation accélérée de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, celle-ci pourrait très bien s'élever à 400 ppm au début du siècle prochain.

Il faut établir quelles étaient les concentrations atmosphériques de CO_2 par le passé si l'on veut mieux comprendre comment les changements climatiques sont liés aux fluctuations des niveaux de CO_2, car on n'a commencé à ne relever systématiquement ces derniers qu'à compter de 1958. En analysant la teneur en CO_2 des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique, la teneur en carbone des sédiments du fond des mers et la présence d'isotopes de carbone dans les cernes des arbres, on a déterminé la courbe de concentration du CO_2 avant le début de la révolution industrielle.

CYCLED/RECYCLE

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Il faut faire preuve de prudence lorsqu'on évalue les données sur le gaz carbonique. Contrairement à l'azote, qui comprend près de 78 p. 100 du total des gaz atmosphériques, et à l'oxygène qui en comprend 21 p. 100, le gaz carbonique en renferme près de 0,035 p. 100. Par conséquent, une petite augmentation de la concentration de gaz carbonique apparaît comme énorme en pourcentage. Ainsi, entre 1850 et 1980, la concentration de gaz carbonique, comme pourcentage du total des gaz atmosphériques, est passée de 0,029 p. 100 à 0,0345 p. 100. Cette augmentation de 0,005 p. 100 d'un composant atmosphérique peut également s'exprimer comme une augmentation de 19 p. 100 de la concentration de gaz carbonique, ce qui représente une augmentation stupéfiante, mais qui, sur le plan scientifique, n'est pas très utile. Ce qu'il faut quantifier avec précision, c'est la corrélation entre la rétention de la chaleur dans l'atmosphère et l'augmentation proportionnelle de gaz à effet de serre par rapport au total des gaz atmosphériques.

2. Gaz à l'état de traces

On considère maintenant que la contribution de certains gaz moins abondants à l'effet de serre représente actuellement à peu près la moitié de celle du CO_2 ; toutefois, comme leur concentration augmente, ils risquent d'avoir sur le climat un effet comparable à celui du CO_2. Certains de ces gaz présents à l'état de traces ont toujours existé à des degrés de concentration inférieurs, notamment le méthane (CH_4) et l'oxyde d'azote (N_2O), alors que certains autres, comme les chlorofluorocarbones (CFC), n'existent probablement en quantités mesurables que depuis que la société industrielle les produit par synthèse. Jusqu'à maintenant, on s'est surtout intéressé au rôle de catalyseur que pourraient jouer les atomes de chlore et de brome de ces molécules dans la destruction de l'ozone de la stratosphère. Toutefois, on a aussi découvert leur rôle d'agents de l'effet de serre dans la troposphère.

On a vu précédemment que le CO_2 et la vapeur d'eau absorbent les rayonnements thermiques de certaines longueurs d'onde qui sont réfléchis dans l'atmosphère par la surface terrestre. Fait intéressant, ces gaz laissent s'échapper hors de l'atmosphère une bonne partie des rayonnements thermiques, soit ceux dont la longueur d'onde se situe entre 8 et 12

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

micromètres. Or, les gaz à l'état de traces sont maintenant en train de fermer cette "fenêtre" en absorbant les radiations thermiques de cette gamme de longueurs d'onde. Est-il possible de la tenir ouverte, compte tenu de la production actuelle et future de ces gaz?

Parmi les gaz présents à l'état de traces, le méthane (CH_4) est actuellement, molécule pour molécule, celui qui produit le plus fort effet de serre. On en trouve actuellement cinq milliards de tonnes dans l'atmosphère, de sorte que sa concentration s'établit à environ 1,6 ppm. L'augmentation du volume de méthane, qui dépasse actuellement 1 p. 100 par an, semble s'être amorcée au cours des derniers siècles et elle a doublé depuis le XVIII^e siècle. D'après la datation de la calotte glaciaire, le méthane aurait conservé une concentration relativement constante au cours des deux ou trois millénaires précédents. Le méthane est la principale composante du gaz naturel; on ne sait pas très bien d'où provient le méthane présent dans l'atmosphère, non plus que les raisons de son augmentation quantitative, mais une étude récente cite à ce titre les rizières, les ruminants (en particulier le bétail), la combustion de la biomasse, les marais et les émanations résiduelles de l'exploitation du gaz naturel et du charbon. Comme le méthane ne subsiste que cinq à dix ans dans l'atmosphère, une réduction de sa production pourrait en stabiliser la concentration dans l'atmosphère, mais cette éventualité n'est guère vraisemblable si l'on considère la plupart des sources de production. Le problème se complique encore du fait que le processus normal d'élimination du méthane dans l'atmosphère est mis en danger par la hausse de la concentration de l'oxyde de carbone (CO), qui détruit l'hydroxyle (OH) qui devrait normalement éliminer le méthane.

L'oxyde d'azote (N_2O), qui était présent dans l'atmosphère à des degrés de concentration stables depuis longtemps, augmente quantitativement depuis quelques années à un rythme d'environ 0,2 p. 100 par an. Si, comme il est vraisemblable de le croire, la hausse de la concentration de N_2O (qui atteint environ 300 ppm) est due soit à une intensification de l'activité microbienne résultant de l'usage des engrais azotés, soit à une utilisation plus intense des combustibles fossiles, ce déséquilibre devrait s'accentuer rapidement, à moins d'un changement radical d'orientation à l'échelle de la planète. La durée de la présence de l'oxyde d'azote dans

RECYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

l'atmosphère est de 100 ans, si bien qu'une diminution dans la production de ce gaz n'aurait pas d'effet avant longtemps. La part de l'oxyde d'azote dans l'effet de serre est d'environ un sixième de celle du méthane.

Les halocarbones les plus courants sont les chlorofluorocarbones (CFC) CCl_2F_2 et CCl_3F, qu'on produit à grande échelle depuis les années 60 et dont on a mesuré pour la première fois la présence dans l'atmosphère en 1971. Depuis lors, les relevés indiquent que leur concentration dans l'atmosphère augmente en proportion de leur production industrielle. Malgré la diminution des rejets de CFC du milieu des années 70 à 1982, ces gaz continuent de s'accumuler, car la durée de leur présence dans l'atmosphère est de plus de 100 ans pour le CCl_2F_2 et de 60 ans pour le CCl_3F. La ratification en 1987 du Protocole de Montréal, signé par 24 nations en vue de contrôler la production des CFC, devrait permettre de réduire les émissions futures de CFC dans l'atmosphère. Le CCl_2F_2 et le CCl_3F sont présents à des concentrations respectives de 0,0003 ppm et de 0,0002 ppm et produisent respectivement un tiers et un cinquième de l'effet de serre attribuable au méthane. En outre, il existe d'autres halocarbones qui risquent de contribuer à l'effet de serre et qu'on devrait contrôler et éliminer graduellement.

Comme on l'a déjà noté, les CFC sont surtout préoccupants du fait qu'ils appauvrissent la couche d'ozone de la stratosphère. Cette couche d'ozone protège les différentes manifestations de la vie sur Terre contre les trop fortes concentrations de rayons ultraviolets. Les mesures effectuées dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique depuis 1957 indiquent, depuis le début des années 70, la présence d'un trou qui ne cesse de s'agrandir. Chaque année, au printemps, soit en octobre, on observe un amincissement de la couche d'ozone qui s'est accentué progressivement pour atteindre plus de 50 p. 100. On interprète la présence de ce trou comme une manifestation de l'appauvrissement général de la couche d'ozone de la stratosphère attribuable aux CFC, qui serait intensifié par les conditions climatiques locales; il s'agit là d'un phénomène qui préoccupe au plus haut point la communauté scientifique. (On trouvera de plus amples renseignements sur le problème des CFC et sur les mesures prises au niveau international pour remédier à l'appauvrissement de la couche d'ozone dans le mini-bulletin n° 8 de la Bibliothèque du Parlement,

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

"L'appauvrissement de la couche d'ozone et le Protocole de Montréal", du 29 septembre 1987.)

E. Conséquences d'une augmentation du niveau de CO_2 dans l'atmosphère

Jusqu'à ce que les médias et la classe politique s'intéressent récemment à la question, la plupart des gens ne s'inquiétaient pas lorsqu'on leur disait que la température moyenne de la terre pourrait augmenter de 1,5 à 4,5°C si la concentration du CO_2 dans l'atmosphère doublait et si celle d'autres gaz responsables de l'effet de serre augmentait; ils y voyaient un changement relativement minime. En fait, cela n'est pas le cas. Par exemple, on estime que la fonte des calottes glaciaires polaires ou, au contraire, l'apparition d'une nouvelle ère glaciaire pourrait être déclenchée par une modification de la température moyenne de la planète de l'ordre de quelques degrés Celsius seulement. Ainsi, entre les minimums de la dernière glaciation (il y a environ 18 000 ans) et les maximums (il y a peut-être 7 000 ans) de la période "interglaciaire" chaude que nous connaissons actuellement, la température moyenne des océans n'a augmenté que de 2°C et la température moyenne de la planète de seulement 6°C. La hausse du niveau des mers provoquée par le dernier réchauffement du globe est estimée à environ 100 mètres (328 pieds): un autre réchauffement et la fonte des glaces des calottes polaires pourraient provoquer l'inondation des régions côtières. La dernière hausse du niveau des mers s'est produite graduellement, mais on ne croit pas qu'il en serait de même pour celle découlant de l'effet de serre. En fait, on prévoit une hausse d'au moins 30 centimètres, qui pourrait toutefois atteindre 1,4 mètre, d'ici le milieu du siècle prochain. Elle pourrait entraîner l'inondation des îles et des régions côtières peu élevées et y réduire l'approvisionnement en eau, par suite de l'intrusion accrue d'eau salée.

Les scientifiques ne savent pas exactement quels seraient les effets d'un réchauffement du régime climatique. On pense qu'un réchauffement de l'ordre de 3,5°C à 4,2°C occasionnerait probablement une augmentation générale de la moyenne des précipitations, de l'ordre de 7 à 11 p. 100, en raison de l'accélération de l'évaporation. La répartition de ces effets serait sans doute inégale. Quoi qu'il en soit, il est presque

RECYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

certain que l'allongement de la saison de croissance des végétaux et la modification du régime des précipitations rendraient nécessaires des modifications des pratiques agricoles établies. **Combiné aux effets de la croissance rapide de la population, cela représente une grave menace pour la sécurité internationale.** On prévoit en particulier que sous les latitudes élevées, le réchauffement sera de deux à trois fois plus prononcé que le réchauffement moyen de la planète. Différentes études donnent à croire que les terres de l'intérieur des continents situées sous des latitudes moyennes connaîtraient une diminution des précipitations et une augmentation de l'évaporation par suite de la hausse de température, ce qui contribuerait à aggraver des problèmes déjà manifestes d'approvisionnement en eau. Ces terres comprennent les régions du monde qui produisent le plus de céréales, notamment au Canada et aux États-Unis. On prévoit aussi une augmentation des précipitations sous les latitudes tropicales et subtropicales; la fréquence des tempêtes tropicales pourrait augmenter et leurs trajectoires changer, ce qui entraînerait des effets dévastateurs dans les îles et les zones côtières.

Il est pour l'instant impossible de faire des prévisions précises quant au réchauffement de la planète. Les concentrations atmosphériques de CO_2, de CH_4, de N_2O et de CFC augmentent, et ces gaz ont une capacité calorifique. Au-delà de ces faits irréfutables, tous les autres paramètres, comme la capacité globale à atténuer les effets de ces gaz, ne sont pas connus de façon précise. Les données météorologiques ne sont tenues que depuis un siècle et il n'est pas possible de dire de façon concluante si l'évolution récente du climat fait partie de variations météorologiques normales, ou marque un début discret du réchauffement de la planète. Ce n'est toutefois pas une raison pour ne rien faire. Les efforts visant à diminuer tous les gaz à effet de serre seront positifs en ce qui concerne la réduction de la pollution, la conservation de l'énergie, l'efficience et l'augmentation de la compétitivité. Malheureusement, aussi nobles que soient ces objectifs, ils ne seront, à long terme, que des solutions de fortune, car ils ne s'attaquent pas aux véritables causes de la détérioration de l'environnement, soit la croissance incontrôlée de la population et un système économique dont la réussite dépend d'une croissance soutenue.

RECYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

MESURES PARLEMENTAIRES

En octobre 1989, le Comité permanent de l'environnement de la Chambre des communes a entrepris une étude du réchauffement de l'atmosphère. Il a examiné plus particulièrement les solutions possibles à ce problème, y compris l'élaboration de mesures et de stratégies qui permettront au Canada de réduire ses rejets nets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Le Comité permanent a publié en octobre 1990 son rapport préliminaire sur le réchauffement de la planète, intitulé *Pas de temps à perdre: Il faut trouver une solution au réchauffement de la planète*. Ce dernier contient 17 recommandations. Le Comité compte déposer son rapport final sur le même sujet au début de 1991.

Le 25 mars 1991, le Comité permanent de l'environnement de la Chambre des communes a déposé son troisième rapport de la série de documents sur "Les transformations de notre atmosphère": *En rupture d'équilibre - Le risque de changements climatiques irréversibles*. L'honorable David MacDonald, président du Comité, a souligné que le rapport était l'aboutissement de huit mois d'audiences publiques au cours desquelles plus de 110 témoins ont été entendus. Selon le rapport, qui renferme 25 recommandations, il est nécessaire que le Canada prenne beaucoup plus d'initiatives dans le but de réduire ses émissions de gaz à effet de serre, celles de gaz cabonique en particulier.

En août 1991, des fonds supplémentaires ont été affectés à un programme dynamique du Plan vert visant à éliminer complètement les CFC au Canada d'ici 1997. Le programme du Canada dépasse les exigences des protocoles internationaux et permettra d'atteindre presque quatre années plus tôt l'objectif fixé par le protocole de Montréal. Le Programme canadien des changements à l'échelle du globe, qui favorise la recherche dans tous les aspects des changements environnementaux globaux, a également bénéficié d'un financement supplémentaire de 4,5 millions de dollars.

RECYCLED RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

CHRONOLOGIE

1958 - M. Charles Keeling commence à surveiller la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère, à une station située à Mauna Loa, à Hawaï.

février 1979 - La Conférence mondiale sur le climat, parrainée par l'Organisation météorologique mondiale, a lieu à Genève en Suisse. La conférence insiste sur l'importance de la recherche climatique et demande des études complémentaires sur le problème du CO_2.

octobre 1983 - La *U.S. Environmental Protection Agency* publie un rapport prédisant que les effets climatiques de l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère se feront sentir durant les années 90. La *National Academy of Sciences* publie un rapport sur les changements climatiques dans lequel elle prédit des altérations climatiques quelque peu analogues à long terme, mais se montre moins inquiète.

25 septembre 1984 - À Ottawa, lors d'un symposium intitulé "Changement global", parrainé par le Conseil international des unions scientifiques, on discute la création d'un programme international de la géosphère et de la biosphère visant à évaluer les changements naturels et causés par l'activité humaine qui surviendront au cours des 50 à 100 prochaines années.

16 mai 1986 - Des études révèlent que depuis le début des années 70, on a observé des réductions temporaires de la couche d'ozone atteignant 50 p. 100 au-dessus de l'Antarctique au mois d'octobre. On signale que les CFC contribuent à ce problème, en plus de compter parmi les gaz présents à l'état de traces qui produisent l'effet de serre.

27-30 juin 1988 - La conférence "L'atmosphère en évolution: implications pour la sécurité du globe" réunit, à Toronto, des scientifiques et des décideurs de 46 pays, en guise de première étape vers la conclusion d'une convention internationale pour la protection de l'atmosphère.

janvier 1989 - Entrée en vigueur du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, signé par 24 États.

20-22 février 1989 - Protection de l'atmosphère: réunion internationale de spécialistes des aspects juridiques et politiques, Ottawa, Canada. Dans le cadre de cette réunion, des spécialistes étudient les aspects juridiques et institutionnels inhérents à l'élaboration d'une convention internationale.

PCLEO/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

novembre 1990 - Les 130 pays qui ont participé à la Conférence mondiale sur le climat qui a eu lieu à Genève n'ont pu s'entendre sur une stratégie pour empêcher le réchauffement de la planète, même si les scientifiques se sont mis d'accord pour dire que des mesures s'imposent de toute urgence. Dans leur communiqué final, les participants exhortent tous les pays industrialisés à se fixer des objectifs ou à mettre sur pied des programmes et des stratégies (ou les deux) qui auront d'importantes répercussions sur la limitation des émissions de gaz à effet de serre non régies par le Protocole de Montréal. D'aucuns ont prétendu que la déclaration finale avait pour but de maintenir la participation des États-Unis aux négociations qui devraient débuter à Washington en février 1991 en vue de la tenue d'une conférence internationale sur les changements climatiques.

décembre 1990 - Le ministre de l'Environnement du Canada a publié "Le Plan vert du Canada pour un environnement sain". Le Plan vert confirme l'engagement pris par le Canada, à la Conférence mondiale sur le climat, de stabiliser, d'ici l'an 2000, les émissions de CO^2 et des autres gaz à effet de serre aux niveaux de 1990. Le plan précise en outre que le Canada a l'intention de préconiser fortement l'adoption, d'ici 1992, d'une convention-cadre internationale sur l'évolution du climat, assortie de protocoles d'application afin de réduire les gaz à effet de serre.

novembre 1991 - Des modifications au règlement n° 3 sur l'appauvrissement de la couche d'ozone (Produits) ont été proposées dans la Partie I de la *Gazette du Canada*. Ces modifications interdiraient tout matériel d'emballage contenant des CFC, ainsi que les extincteurs portatifs à mousse contenant des halons ou des CFC.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

L'atmosphère en évolution: implications pour la sécurité du globe: déclaration de la conférence (Toronto, 27-30 juin 1988). Ottawa, Environnement Canada, 1988.

Bruce, Jim et Henry Hengeveld. "Our Changing Northern Climate". *GEOS*, vol. 14, n° 1, hiver 1985, p. 1-6.

Dickinson, R.E., et Cicerone, R.T. "Future Global Warming From Atmospheric Trace Gases". *Nature*, vol. 319, 9 janvier 1986, p. 109-115.

RECYCLED/RECYCLÉ

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Hobbie, John *et al.* "Role of Biota in Global CO_2 Balance: The Controversy". *BioScience,* vol. 34, n° 8, septembre 1984, p. 492-498.

Malone, T.F. et J.G. Roedere (éd.). *Global Change*. Compte rendu d'un symposium parrainé par le Conseil international des unions scientifiques, 20e assemblée générale. Ottawa, 25 septembre 1984.

Milko, Robert. *Le réchauffement de l'atmosphère, les solutions possibles*. BP-221, Service de recherche, Bibliothèque du Parlement, novembre 1989, 49 pages.

Mintzer, I.M. "A Matter of Degrees: Energy Policy and the Greenhouse Effect". *Environmental Policy and Law,* vol. 17, n° 6, décembre 1987, p. 247-254.

CARD/RECYCLE